

УДК 621.59(075.8)

О.Н. КаминскийОАО «Криогенмаш», пр. Ленина, 67, г. Балашиха Московской области, РФ, 143900
e-mail: kaminsky@cryogenmash.ru**РЕАЛИЗАЦИЯ КОМПАНИЕЙ ОАО «КРИОГЕНМАШ»
КОНЦЕПЦИИ «ПРОИЗВОДСТВО ПОД ЗАКАЗ»**

Организация разработок и производства продукции кислородного и криогенного машиностроения на известном российском предприятии ОАО «Криогенмаш» в последние годы целенаправленно совершенствовались. Перестройка коснулась многих сторон его деятельности. Основное её назначение — содействие реализации плана стратегического развития предприятия. В его структуре создан инженеринговый центр, специалистами которого освоены современные компьютерные системы проектирования. Это позволило значительно ускорить разработку новых видов оборудования, например, осуществлять производство нового поколения воздухоразделительных установок со сниженным энергопотреблением, в том числе и сверхвысокой производительности. Предприятию благодаря использованию современных PLM-технологий удалось повысить эффективность цикла «проектирование-изготовление» и тем самым реализовать концепцию «производство под заказ».

Ключевые слова: Криогенное машиностроение. Воздухоразделительная установка. Блок разделения. PLM-технологии. Проектирование. Расчёты. Документация.

O.N. Kaminsky**REALIZATION OF THE CONCEPT «MANUFACTURE UNDER ORDER»
BY COMPANY JSC «CRYOGENMASH»**

The organization of development and productions of oxygen and cryogenic engineering at last years was purposeful perfected at well-known Russian enterprise JSC «Cryogenmash». Reorganization has touched many sides of its activity. Its basic purpose is assistance for realization of strategic development of the enterprise. In its structure it is created the engineering center which experts mastered the modern computer systems of designing. It has allowed to considerably speed up the development of new kinds of the equipment, for example, to carry out manufacture of new generation of air separation plants with reduced energy consumption including ultrahigh productivity. The enterprise due to use of modern PLM-technologies managed to increase efficiency of cycle «designing-manufacturing» and by that to realize the concept «manufacture under order».

Keywords: Cryogenic engineering. Air separation plant. Separation block. PLM-technologies. Designing. Calculations. Specifications.

1. ВВЕДЕНИЕ

Основная продукция ОАО «Криогенмаш» — крупнотоннажные воздухоразделительные установки (ВРУ). За 60 лет предприятием произведено их более 600 шт. [1].

ВРУ в настоящее время разрабатываются и изготавливаются предприятием с учётом индивидуальных специфичных требований заказчика. При этом приходится принимать во внимание особенности создаваемого заказчиком производства продуктов разделения воздуха и имеющейся у него инфраструктуры. Следует отметить, что сейчас не бывает двух одинаковых заказов. Поэтому для выполнения каждого из них нами

разрабатываются ВРУ со своими, часто присущими только им, технологическими схемами и конструкторскими решениями [2].

Для сохранения ведущих позиций на рынке современного криогенного оборудования на предприятии целенаправленно в последние годы реализуется новая концепция работы с клиентами — «производство под заказ».

Для сокращения длительности и повышения качества проектно-конструкторских работ на предприятии оборудованы автоматизированные конструкторские рабочие места. Их используют в первую очередь для проектирования оборудования на основе программного комплекса САПР V.5 известной компании «Dassa-

© О.Н. Каминский

ult Systems». Внедрение современной САПР позволяет нам поддерживать большие сборки и взаимосвязи между отдельными элементами.

Остановимся подробнее на некоторых особенностях организации цикла «проектирование-изготовление».

2. ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЦИКЛА «ПРОЕКТИРОВАНИЕ-ИЗГОТОВЛЕНИЕ»

В процессах «проектирование-изготовление» ВРУ и другого криогенного оборудования на ОАО «Криогенмаш» используются современные PLM-технологии. Термин PLM сейчас имеет множество различных определений, как в свое время они были различны для термина САПР. Изначально аббревиатура PLM появилась от словосочетания Product Lifecycle Management (управление жизненным циклом изделий). Под этим термином сейчас понимают подход к применению целого комплекса взаимосвязанных между собой информационных систем, предназначенных для автоматизации работы специалистов на различных стадиях существования изделия.

В качестве основного инструмента, как отмечалось, для проектирования в 2003 г. была выбрана система трёхмерного моделирования CATIA V.5. Применение именно трёхмерной системы считаем обязательным условием: весь мир трёхмерен, и чертежи были придуманы в свое время, чтобы инженер мог свою трёхмерную идею передать рабочему на бумаге в виде проекций. Конечно, сейчас ещё не удаётся отказаться от обычной документации, но частично процесс замены чертежей моделями у нас запущен и уже приносит свои плоды в виде сокращения трудоёмкости проектирования и сроков изготовления, что даёт возможность успешно реализовать концепцию «производство под заказ».

Процесс применения современных средств при проектировании изделий на нашем предприятии рассмотрим на примере разработки пакета документации воздухоразделительных установок. Начало их проектирования начинается с расчёта технологической схемы (см. рис. 1). Для анализа многофазных систем и химико-технологических процессов используем программу HYSYS, созданную компанией «AspenTech» и дополненную множеством расчётных модулей, разработанными нашими ведущими специалистами. Данный комплекс позволяет очень быстро создавать и рассчитывать новую схему, проводить в ней изменения с учётом требований заказчика. После выполнения расчёта технологической схемы технические задания на её составляющие (аппараты, арматуру) автоматически формируются в виде отчётов и передаются в соответствующие отделы-разработчики. Параллельно полученная схема со всеми атрибутами включается в модуль Piping&Instrumental Diagrams (PID) системы CATIA. В CATIA схема дополняется КИП-оборудованием и арматурой. Всем элементам схемы, включая трубопроводы, присваивается схемное обозначение, которое в дальнейшем является сквозным вплоть до проведения монтажных работ на площадке заказчика.

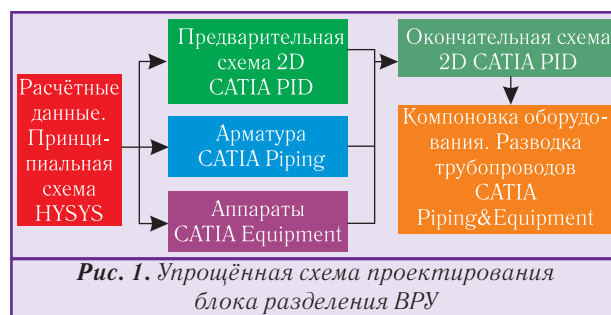


Рис. 1. Упрощённая схема проектирования блока разделения ВРУ

После проведения предварительного расчёта аппаратов и арматуры, в системе CATIA создаются соответствующие им габаритные модели. Принципиальная же 2D-схема передаётся в монтажный отдел, в котором начинается проектирование трёхмерной компоновки с использованием созданных габаритных моделей.

При подобной работе осуществляется сквозное проектирование, в котором все происходящие изменения в тех или иных узлах отражаются одновременно у всех участников проекта.

Комплекс вышеперечисленных взаимосвязанных систем позволил сократить срок проектирования блоков разделения воздуха в два раза.

Реальный процесс, конечно же, гораздо сложнее. В него включается отслеживание всех вносимых по ходу проектирования изменений, множество обратных связей и различных проверок. На предприятии система CATIA настроена таким образом, что компоновщик, например, при разводке трубопроводов, не может использовать трубу диаметра, отличного от того, что заложен в принципиальную схему, если это ограничение задано строго. Это позволяет конструктору более оперативно выполнять разработку документации и защищает от возможных ошибок.

При разработке аппаратов, узлов проектировщики ОАО «Криогенмаш» активно используют заранее созданные шаблоны как отдельных операций в деталях, так и целых сборок. Они позволяют конструктору с помощью параметров быстро изменить созданные ранее элементы и получить новое исполнение узла. Данные шаблоны являются результатом работы опытных специалистов и тех, кто наиболее хорошо овладел системой CATIA.

Любое проектирование невозможно без проведения множества различных расчётов. Для создания методик расчётов различных процессов, а также для их численного моделирования специалистами применяется хорошо ими освоенная CAE-система всестороннего инженерного анализа. На её базе осуществляется полный комплекс необходимых расчётов как для оптимального построения самой ВРУ, так и разработки всех её составных частей.

При наличии указанного высокоэффективного программного обеспечения появилась возможность выполнять трёхмерные гидрогазодинамические расчёты в монофазных многокомпонентных средах с учётом происходящего в них теплообмена. Очень важно и ценно то, что такие расчёты дают результаты, кото-

рые практически идентичны данным, получаемым при стендовых натурных исследованиях, когда виртуальная модель заменяется на физическую. В качестве примера можно сослаться на выполненное с помощью компьютерного моделирования исследование процессов в сложной системе предварительного охлаждения крупных ВРУ [3]. В итоге удалось внести ряд обоснованных изменений в конструкцию указанной системы: уменьшить количество форсунок на каждом уровне воздушного скруббера; найти оптимальные направления распыла охлаждающей воды и наиболее эффективные режимы работы самих форсунок.

В структуре CAE имеются различные необходимые для создателей современных ВРУ программные комплексы: HYSYS, MUSE (расчёты процессов тепло- и массообмена в сложных многофазных и многокомпонентных системах); NASTRAN, MARC, FATIQUЕ, ADAMS, TOSKA (расчёты показателей прочности, динамики, кинематики, теплопередачи, долговечности, в том числе и при одновременном взаимодействии разного рода нагрузок); CFX, CONCEPT NREC (описание и численное исследование процессов гидро- и газодинамики, тепло- и массопереноса в аппаратах и машинах ВРУ).

Ещё одним применением трёхмерного проектирования стало выполнение рекомендуемой компоновки цеха с расположением вспомогательных аппаратов ВРУ (рис. 2). Это позволяет уменьшить время проектирования цеховой обвязки ВРУ для смежных проектных организаций, а предприятию-заказчику — определиться с объёмом доработок в связи с размещением ВРУ внутри цеха либо на территории предприятия.

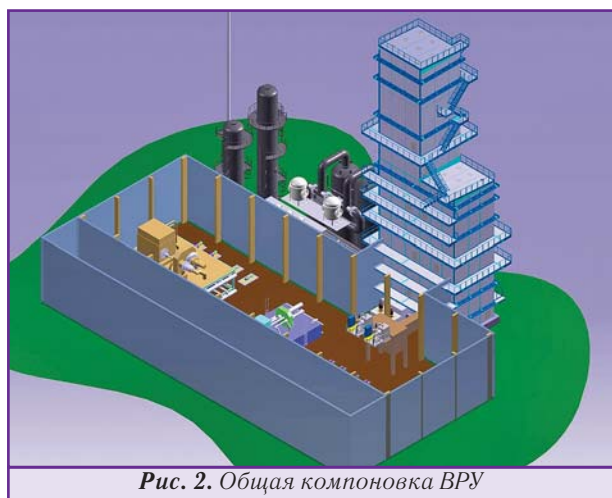


Рис. 2. Общая компоновка ВРУ

Концепция использования 3D-моделей подразумевает не только получать на их основе двухмерную документацию, но обязательно их применять на последующих этапах создания отправочной документации; технической подготовки производства; изготовления изделий в цехах; монтаже оборудования на площадке заказчика.

Отправочная документация включает в себя схемы раскрепления оборудования (рис. 3), схемы укладки изделий сложных конфигураций в ящики. Использо-

вание 3D-моделей даёт возможность специалистам отдела укладки оптимизировать процесс укладки и сократить объём пустого пространства в ящиках так, как показано на рис. 4.

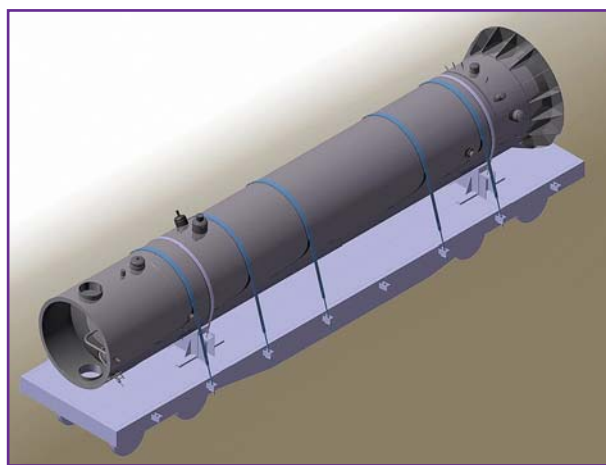


Рис. 3. Раскрепление колонны на железнодорожной платформе

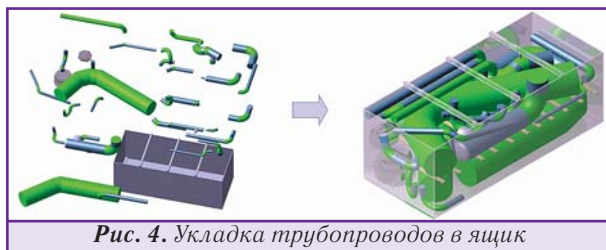


Рис. 4. Укладка трубопроводов в ящик

Необходимо отметить, что в ОАО «Криогенмаш» для технической подготовки производства, помимо классического использования 3D-моделей (для создания управляющих программ для станков с ЧПУ), модели ряда изделий применяют для автоматизации материального и трудового нормирования сварочных материалов. Для этого в модели трубопроводов и сварных швов специально заложены дополнительные параметры, которые потом автоматически считываются, суммируются и передаются в базу данных с материальными и трудовыми нормативами, откуда уже технологу выдаются рассчитанные нормы на все трубопроводы блока разделения. Трёхмерные модели используются также для описания последовательности сборки, которую технологи дополняют изометрическими эскизами и включают в свои техпроцессы.

Применение программы САТІА на сборочных участках в цехах (на данный момент организованы три рабочих места непосредственно у монтируемых блоков) позволило отказаться от ряда чертежей трубопроводов, заменив их эскизами с технологическими требованиями, что в итоге сократило срок выпуска КД в пять раз. При этом в цехах появился мощный инструмент, позволяющий увидеть всё изделие, любую её составляющую в общей компоновке, провести измерения, оперативно получить всю информацию по любой части (фото 5).

Те же самые преимущества ощущают специалисты шеф-монтажного отдела или специалисты монтаж-

ной организации, которые, находясь на монтажной площадке у заказчика, на своём ноутбуке имеют упрощённые модели (в формате 3dxml) всей установки.



Фото 5. Одно из оснащённых рабочих мест в цехах предприятия

Поскольку всё большее число сотрудников в ОАО «Криогенмаш» работают с данными в электронном виде, требуется управлять этими данными: структурированно хранить, быстро и удобно находить для повторного использования, проводить изменения. Поэтому параллельно с системами, ускоряющими работу конструктора, внедряется система класса PDM (Product Data Management — управление данными об изделии) — SmarTeam. Внедрение этой системы нами проводится в нескольких направлениях:

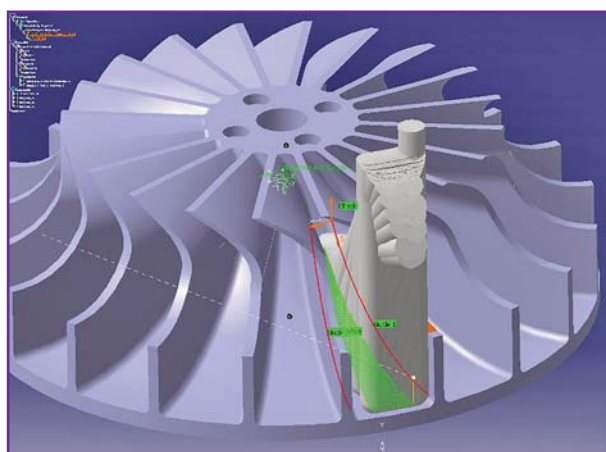
- Создание состава проектов в электронном виде.
- Структурированное хранение данных проектирования в электронном виде.
- Электронный документооборот данных проектирования (чертежи, модели, ТЗ) для согласования, утверждения, проведения изменений.
- Подключение к работе в системе проектной организации (единая БД для проекта).
- Календарно-сетевое планирование, выдача задач исполнителям в соответствии со сроками графиков.
- Интеграция с системой ТПП.
- Интеграция с ERP-системой предприятия.

Первое направление из указанных является основой для последующих. Для его реализации в систему были включены справочники по стандартным изделиям, по ограничительным нормам применяемых материалов, перенесена база данных по покупным изделиям, разработана система автоматического создания спецификаций, ведомости покупных изделий и запасных частей. В данный момент по первому этапу в системе идут работы по 90 % проектов, находящихся в стадии разработки. Запуск первого этапа в промышленную эксплуатацию дал сокращение времени почти в 20 раз на формирование текстовых документов, была снижена трудоёмкость их создания и существенно повышено качество.

По второму направлению ведутся подготовительные работы, связанные с интеграцией между системой SmarTeam и САПР: вся созданная база моделей проверяется и загружается в базу SmarTeam (рис. 6).



Рис. 6. Состав изделия в электронном виде в системе SmarTeam



а)



б)

Рис. 7. Модель с программой для станка с ЧПУ (а) и изготовленное рабочее колесо (б)

По третьему направлению реализована процедура взаимодействия между технологами и конструкторами по утверждению и корректировке 3D-моделей, с использованием которых создается управляющая программа для станков с ЧПУ (рис. 7). Данная задача была решена в самом начале, поскольку в этом процессе на первом месте стоит трёхмерная модель, которую необходимо согласовать, утвердить и затем отслеживать в ней все возможные изменения.

3. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Использование всех перечисленных программных продуктов было бы невозможным без построения внутренней системы обучения и повышения квалификации специалистов. С 2003 г. на ОАО «Криогенмаш» группа внедрения PLM-систем занимается обучением специалистов, проведением их аттестации по разработанным внутренним методикам. Каждый месяц в учебном классе проходят занятия по различным системам.

Благодаря постоянным контактам между технической поддержкой и проектировщиками ведётся постоянный поиск слабых мест в процессе проектирования, которые особенно трудоёмки и отнимают наибольшее время у конструктора. Такие процессы пытаются упростить с помощью автоматизации, разработ-

ки или переработки соответствующих методов проектирования. В связи с постоянной оптимизацией процессов проектирования эффективность их непрерывно повышается.

В данный момент мы находимся примерно в середине пути внедрения информационных систем. Дальнейшие запланированные мероприятия по их развитию позволят ОАО «Криогенмаш» выйти на новый более высокий уровень обеспечения качества производимых изделий в сжатые сроки по сравнению с нашими конкурентами.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Лавренченко Г.К.** Современные тенденции и перспективы развития лидера криогенного машиностроения и производителя... криопродуктов// Технические газы. — 2007. — № 3. — С. 10-18.
2. **Лавренченко Г.К.** О пуске в эксплуатацию на ДМКД новой воздуходелительной установки ОАО «Криогенмаш»// Технические газы. — 2007. — № 6. — С. 12-23.
3. **Писарев Ю.Г., Лебедев Л.Б., Довбиш А.Л.** Совершенствование системы предварительного охлаждения воздуходелительных установок// Технические газы. — 2004. — № 4. — С. 18-23.

ВСЕ О НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ ГАЗАХ И ПРОДУКТАХ РАЗДЕЛЕНИЯ ВОЗДУХА — В ОДНОМ ЖУРНАЛЕ!

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ



“ТЕХНИЧЕСКИЕ ГАЗЫ”

ИЗДАТЕЛЬ — УКРАИНСКАЯ АССОЦИАЦИЯ
ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ ТЕХНИЧЕСКИХ ГАЗОВ “УА-СИГМА”

**ЖУРНАЛ ЗАРЕГИСТРИРОВАН В ГОСКОМИТЕТЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ
ПОЛИТИКИ, ТЕЛЕ- И РАДИОВЕЩАНИЯ УКРАИНЫ —
СВИДЕТЕЛЬСТВО КВ № 4943 ОТ 15.03.2001 Г.
С 2005 Г. — ОФИЦИАЛЬНОЕ ИЗДАНИЕ ВАК УКРАИНЫ.
ПЕРИОДИЧНОСТЬ ИЗДАНИЯ — 6 ВЫПУСКОВ В ГОД.
ОБЪЁМ КАЖДОГО ВЫПУСКА — 72 СТР.
ПУБЛИКУЕМЫЕ СТАТЬИ РЕФЕРИРУЮТСЯ В РАЗЛИЧНЫХ ЖУРНАЛАХ
И БАЗАХ ДАННЫХ ВИНТИ РАН (Г. МОСКВА)**

ЖУРНАЛ ПРЕДНАЗНАЧЕН ДЛЯ ИНЖЕНЕРОВ, ЗАНИМАЮЩИХСЯ СОЗДАНИЕМ,
ИЗГОТОВЛЕНИЕМ И ЭКСПЛУАТАЦИЕЙ ХОЛОДИЛЬНЫХ И КРИОГЕННЫХ УСТАНОВОК,
СИСТЕМ ПРОИЗВОДСТВА ТЕХНИЧЕСКИХ ГАЗОВ (Гелия, водород, оксид,
и диоксида углерода, сжиженного природного газа и др.),
ПРОДУКТОВ РАЗДЕЛЕНИЯ ВОЗДУХА, А ТАКЖЕ НАУЧНЫХ РАБОТНИКОВ И СТУДЕНТОВ

РУБРИКИ ЖУРНАЛА

<ul style="list-style-type: none"> – ПРОБЛЕМЫ КРИОГЕННОГО, КИСЛОРОДНОГО, КОМПРЕССОРНОГО И УГЛЕКИСЛОТНОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ – ПРОЦЕССЫ, ЦИКЛЫ, СХЕМЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ХОЛОДИЛЬНЫХ И КРИОГЕННЫХ СИСТЕМ – УСТАНОВКИ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ПРОДУКТОВ РАЗДЕЛЕНИЯ ВОЗДУХА, КОМПРИМИРОВАННОГО И СЖИЖЕННОГО ПРИРОДНОГО ГАЗА: ДИОКСИДА УГЛЕРОДА И ДР. ТЕХНИЧЕСКИХ ГАЗОВ 	<ul style="list-style-type: none"> – ТЕХНИЧЕСКИЕ ГАЗЫ В СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ – ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ГАЗОВ И ИХ СМЕСЕЙ. ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПРОЦЕССОВ В НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫХ СИСТЕМАХ – ЭКОНОМИКА ПРЕДПРИЯТИЙ, ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ, БЕЗОПАСНОСТЬ – ПРАКТИКА, НОВЫЕ РАЗРАБОТКИ
--	---

Приглашаем к сотрудничеству производителей, учёных, аспирантов и докторантов

Для оформления подписки и размещения рекламы нужно связаться с редакцией журнала по телефону или e-mail.
Адрес редакции: а/я 271, г. Одесса-26, Украина, 65026
Тел./факс: +380 (48) 777-00-87; e-mail: uasigma@paco.net; <http://www.uasigma.odessa.ua>